

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-186502

(43) 公開日 平成9年(1997)7月15日

(51) Int.Cl. ⁶	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 P 1/203	Z A A		H 0 1 P 1/203	Z A A
C 3 0 B 29/22	5 0 1		C 3 0 B 29/22	5 0 1 M
			33/08	
H 0 1 P 1/205			H 0 1 P 1/205	K
1/208			1/208	A
審査請求 未請求 請求項の数10 O L (全 10 頁) 最終頁に続く				

(21) 出願番号 特願平8-259758
(22) 出願日 平成8年(1996)9月30日
(31) 優先権主張番号 95-54534
(32) 優先日 1995年12月22日
(33) 優先権主張国 韓国 (K R)

(71) 出願人 591044083
財団法人韓国電子通信研究所
大韓民国大田廣域市儒城区柯亭洞161番地
(72) 発明者 クワンヨン カン
大韓民国、デジョン、ユソク、シンス
ンドン 160-1、ハヌル アパートメン
ト 105-906
(72) 発明者 セオークキル ハン
大韓民国、デジョン、セオーク、マンニ
ュンドン 1、サンガ アパートメント
109-1106
(74) 代理人 弁理士 宮田 和子 (外1名)

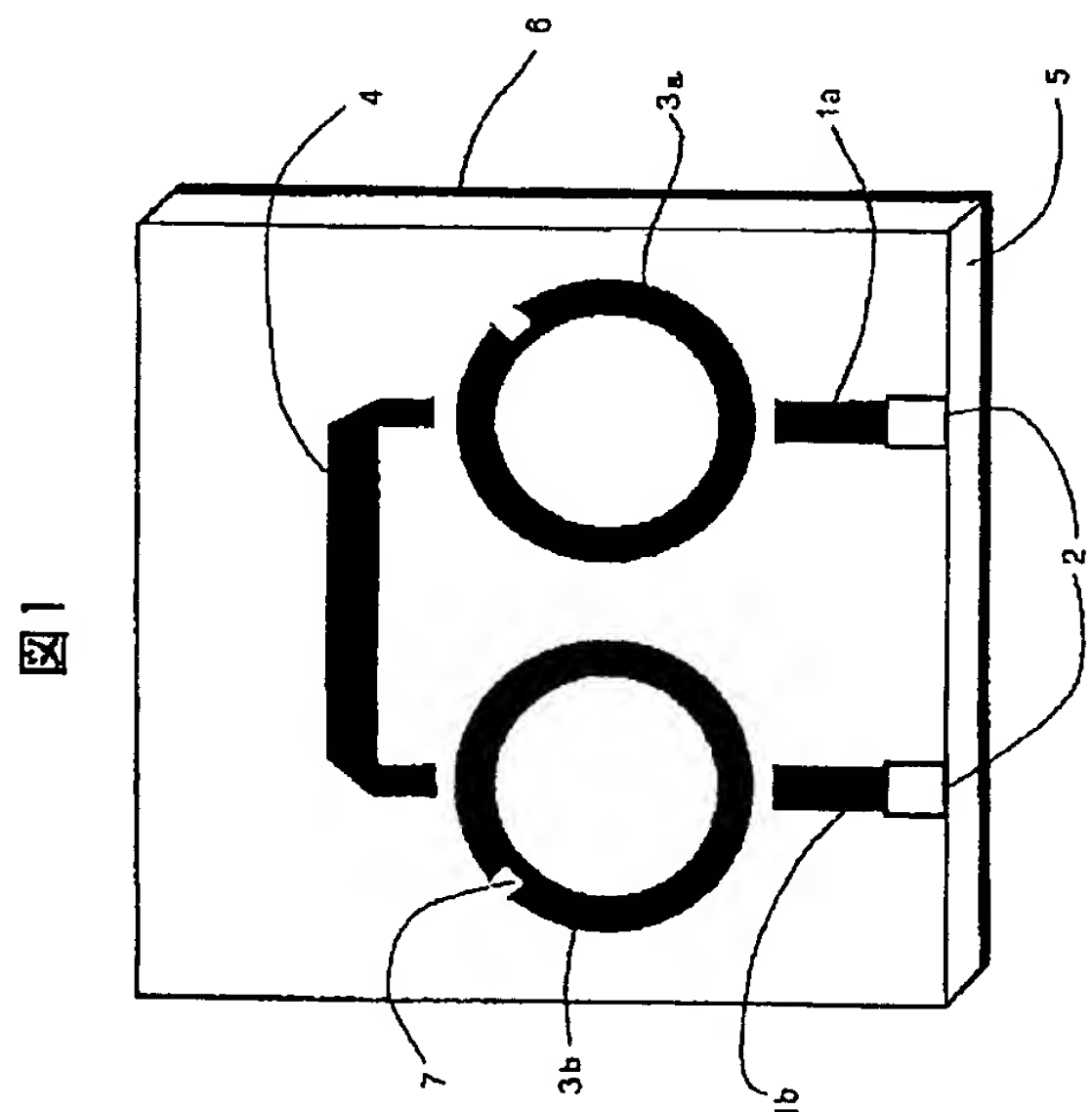
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 振動構造の高温超伝導二重モード5極帯域通過フィルター及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 マイクロ波特性に優れた高温超伝導エピタキシアル薄膜を用いて、製造方法が単純であり、小型化及び高性能化が図れる振動構造の高温超伝導二重モード5極帯域通過フィルター及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 マイクロ波特性の優秀なMgO単結晶基板5と；前記単結晶基板5上部の一角に形成され、パッド用金薄膜2が蒸着された信号伝送用入出力端1a、1bと；前記単結晶基板5上部の前記入出力端1a、1bとマイクロストリップ結合線4間に信号の伝送エネルギーを制御するかフィルターリングする振動構造の環状共振器二つを集積させた高温超伝導二重モード5極帯域通過フィルターの回路パターン7と；前記単結晶基板5の下部に蒸着させた接地平面用金属薄膜6とを含むものである。



【特許請求の範囲】

【請求項 1】 マイクロ波特性を有する MgO 単結晶基板と；前記単結晶基板上部の一角に形成され、パッド用金属薄膜が形成された信号伝送用入出力端と；前記単結晶基板上部の前記入出力端とマイクロストリップ結合線間に、信号の伝送エネルギーを制御するかフィルターリングするための、摂動構造の環状共振器二つを集積させた高温超伝導二重モード 5 極帯域通過フィルターの回路パターンと；前記単結晶基板の下部に形成した接地平面用金属薄膜とを含んで構成されることを特徴とするマイクロ波用摂動構造の高温超伝導二重モード 5 極帯域通過フィルター。

【請求項 2】 前記所定の回路パターンによる前記二重モード帯域通過フィルターの中心周波数が 3 ～ 33 GHz であることを特徴とする請求項 1 記載のマイクロ波用摂動構造の高温超伝導二重モード 5 極帯域通過フィルター。

【請求項 3】 前記単結晶基板は、15 mm × 15 mm × 0.5 mm t のサイズを有する MgO 単結晶基板であることを特徴とする請求項 1 記載のマイクロ波用摂動構造の高温超伝導二重モード 5 極帯域通過フィルター。

【請求項 4】 前記高温超伝導回路パターンは、YBa₂Cu₃O_{7-d} で構成されたことを特徴とする請求項 1 記載のマイクロ波用摂動構造の高温超伝導二重モード 5 極帯域通過フィルター。

【請求項 5】 前記接地平面形金属薄膜は、前記基板との接着性を有し、かつ、電気伝導性を有する Ti 層 / Ag 層で構成される二重金属薄膜を使用することを特徴とする請求項 1 記載のマイクロ波用摂動構造の高温超伝導二重モード 5 極帯域通過フィルター。

【請求項 6】 MgO 単結晶基板上部にパルスレーザ蒸着法により高温超伝導薄膜を成長し、パッド用金属薄膜を形成した後、前記金属薄膜をフォトリソグラフィ方法によりパターンニングする第 1 段階と；前記第 1 段階の遂行後、フォトリソグラフィ工程として、高速回転塗布器でフォトレジストを前記高温超伝導薄膜上に塗布し、ソフトベーキングを遂行する第 2 段階と；前記第 2 段階の遂行後、接触整列器で位置決めすると共に、紫外線源を用いて露光工程を行い、感光されたフォトレジスト膜を除去する第 3 段階と；前記第 3 段階の遂行後、湿式食刻又は乾式食刻により前記高温超伝導薄膜を目的の形状に形成し、フォトレジスト膜を除去する第 4 段階と；前記第 4 段階の遂行後、コネクタピンと接触するための金属パッドを形成した後、前記高温超伝導二重モード 5 極帯域通過フィルターパターンの表面と汚染された基板表面を洗浄する第 5 段階と；前記第 5 段階の遂行により高温超伝導二重モード帯域通過フィルターを形成した後、金属薄膜を形成して基板背面の接地平面を製造する第 6 段階とを含んで遂行することを特徴とするマイクロ波用摂動構造の高温超伝導二重モード 5 極帯域通過フ

ィルターの製造方法。

【請求項 7】 前記所定の回路パターンによる前記二重モード帯域通過フィルターの中心周波数が 3 ～ 33 GHz であることを特徴とする請求項 6 記載のマイクロ波用摂動構造の高温超伝導二重モード 5 極帯域通過フィルターの製造方法。

【請求項 8】 前記単結晶基板は、15 mm × 15 mm × 0.5 mm t のサイズを有する MgO 単結晶基板であることを特徴とする請求項 6 記載のマイクロ波用摂動構造の高温超伝導二重モード 5 極帯域通過フィルターの製造方法。

【請求項 9】 前記高温超伝導体は、YBa₂Cu₃O_{7-d} であることを特徴とする請求項 6 記載のマイクロ波用摂動構造の高温超伝導二重モード 5 極帯域通過フィルターの製造方法。

【請求項 10】 前記接地平面形金属薄膜は、前記基板との接着性を有し、かつ、電気伝導性を有する Ti 層 / Ag 層で構成される二重金属薄膜を使用することを特徴とする請求項 6 記載のマイクロ波用摂動構造の高温超伝導二重モード 5 極帯域通過フィルターの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、RF 及びマイクロ波通信受信システムの前端部を構成する中核部品の一つである X-バンド用摂動構造の二重モード 5 極帯域通過フィルター及びその製造方法に係り、特に、高温超伝導二重モード 5 極帯域通過フィルター及びその製造方法に関するものである。

【0002】

【従来の技術】一般に、21 世紀に向かって、電波サービス需要が爆発的に増加するにつれて、高品位、大容量の情報を高速に処理し得る優秀な情報通信システムの開発は、各国の超高速情報通信網構築計画に便乗して、その重要性が非常に大きくなっている。通信及び放送だけでなく、諸般産業分野での電波利用は、マイクロ波からサブミリメートル波帯域まで非常に広範囲にわたっている。このため、この分野の独創的開発は重要度が高く、緊急度も非常に高い。

【0003】最近、優秀な性能を備えた無線通信及び移動通信機器の必要性が切実になるにつれて、高温超伝導薄膜を用いるマイクロ波通信部品が段々注目を浴びており、冷却装置 (cryocooler) の小型化、高性能化が現実化しつつ、通信部品に対する研究開発もなお一層活発になっている。

【0004】マイクロ波フィルターは、移動通信及び衛星通信等の通信機器の核心部品を構成する核心素子であり、優秀な性能の通信システムを開発するためには、多様な種類のフィルター、フィルタータンク、支持部品、及び、これらを連結する特殊ケーブルと電子回路等が多く必要とされる。このため、軽薄短小化が難しかった。

【0005】従って、超小型冷却器の開発とともに、良質の薄膜で製造した優秀な性能の軽薄短小型高温超伝導マイクロ波フィルターや多様なマイクロ波部品の開発が切実になっている。

【0006】従って、限定された電波資源を効率的に活用するためには、非常に優秀なマイクロ波特性を発揮する材料の開発だけでなく、高性能、高信頼度、小型化を達成し得るマイクロ波部品（サブシステム）の開発が切実な状況である。

【0007】このような状況で、高良好度（ Q -factor）を発揮し、無損失及び無抵抗の特性を有する高温超伝導体は、マイクロ波通信部品の特性向上と小型化に大変適する素材として知られている。

【0008】従って、マイクロ波特性に優れた MgO 、 $LaAlO_3$ 、 $NdGaO_3$ 、サファイア（Sapphire）等の単結晶基板に成長された良質の高温超伝導エピタキシャル薄膜を用いて、最適に設計されたマイクロ波素子（例えば、共振器、帯域／低域フィルター、遅延線等）及び回路（例えば、製作が簡単である高温超伝導マイクロ波モノリシック集積回路（HTS-MMICs）等）を開発すると、マイクロ波部品の小型化と高性能化を成就し得ることが期待される。

【0009】一方、マイクロ波通信システム用核心部品に使用する各種マイクロ波素子を開発するためには、設計、製造及び評価により製造されたマイクロ波素子が、理論値（設計値）とほぼ一致する損失特性を発揮しなければならない。

【0010】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、優秀なマイクロ波特性を有する高温超伝導エピタキシャル薄膜の成長と薄膜製造用の誘電体単結晶基板の開発、回路パターンの鋭利度を高めるリソグラフィ工程、低温マイクロ波特性測定用試験ジグの開発、超小型低温冷却装置の開発等が、解決すべき課題として多く残っている実情にある。さらに、マイクロ波帯域の電波高度利用技術にも積極的に活用し得なければならない。

【0011】従って、本発明は、このような技術的背景下で案出されたもので、その目的は、マイクロ波特性に優れた高温超伝導エピタキシャル薄膜を用いて、製造方法が単純であり、小型化及び高性能化が図れる振動構造の高温超伝導二重モード5極帯域通過フィルター及びその製造方法を提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】前記目的を達成するための本発明は、 X -バンド用振動構造の環状高温超伝導二重モード5極帯域通過フィルターの回路パターンが、マイクロ波フィルター設計理論に基づいて、振動構造の二重モード共振器とこれを集積した二重モード帯域通過フィルターを設計し、マイクロ波部品開発用設計システム（ S/W : Supercompact™）をソフトウ

エアとして用いて最適化した後、最適フィルターパターンが備えられたマイクロ波素子製造用マスク（回路原板）を製造し、製造したエピ薄膜及びマスクとフォトリソグラフィ及び食刻（エッチング）工程等の微細形状化（patterning）工程により具現されることを特徴とする。

【0013】又、本発明は、マイクロ波特性の良好な MgO （誘電常数=9.6）単結晶基板（サイズ: $1.5\text{ cm} \times 1.5\text{ cm} \times 0.5\text{ cm}$ ）を使用して、良質の高温超伝導薄膜を製造し、接地平面用として Ti 層/ Ag 層の二重金属薄膜を形成することにより、マイクロ波用試験ジグ（test-jig）との優秀な接触及び整合を達成し得ることを特徴とする。

【0014】本発明の他の特徴は、 X -バンド用振動構造の環状高温超伝導二重モード5極帯域通過フィルターが、マイクロ波特性の優秀な MgO 単結晶基板と；前記単結晶基板上部の一角に形成され、パッド用金属薄膜、例えば、金薄膜が形成された信号伝送用入出力端と；前記単結晶基板上部の前記入出力端とマイクロストリップ結合線間に、信号の伝送エネルギーを制御するかフィルターリングする振動構造の環状共振器二つを集積させた高温超伝導二重モード5極帯域通過フィルターの回路パターンと；前記単結晶基板の下部に、例えば、蒸着等により形成した接地平面用金属薄膜とを含んで構成されることにある。

【0015】ここで、信号の伝送エネルギーを制御するとは、例えば、信号の強さの調節を行うことをいう。また、信号の伝送エネルギーをフィルターリングするとは、特定の周波数帯域だけを通過させることをいう。

【0016】本発明のさらに他の特徴は、 MgO 単結晶基板上部にパルスレーザー蒸着法により高温超伝導 $YBCO/MgO$ 薄膜を成長し、パッド用金属薄膜を、例えば、金等の金属を蒸着して形成した後、前記金薄膜を通常のフォトリソグラフィ方法によりパターンニングする第1段階と；前記第1段階の遂行後、フォトリソグラフィ工程である、高速回転塗布器でフォトレジストを前記高温超伝導薄膜上に塗布し、ソフトベークを遂行する第2段階と；前記第2段階の遂行後、接触整列器で位置決めすると共に、紫外線源を用いて露光工程を行い、感光されたフォトレジスト膜を除去する第3段階と；前記第3段階の遂行後、湿式又は乾式の食刻、例えば、 $EDTA$ （Ethylenediaminetetraacetic Acid: エチレンジアミン四酢酸:）湿式食刻又は ECR （電子サイクロトロン共鳴）イオンミリング（ion milling）乾式食刻により前記高温超伝導薄膜を目的の形状に形成し、フォトレジスト膜と除去する第4段階と；前記第4段階の遂行後、コネクタピンとの接触のための金属パッド、例えば、金パッドを形成した後、前記高温超伝導二重モード5極帯域通過フィルターパターンの表面と汚染された基板表面を洗浄する第5段階と；前記第5

段階の遂行により高温超伝導二重モード帯域通過フィルターが完成されると、Ti層/Ag層で構成される二重金属薄膜を、例えば、電子線蒸発器で蒸着して形成して、基板背面の接地平面を製造する第6段階とを含んで遂行することにある。

【0017】

【発明の実施の形態】以下、本発明を添付図面に基づいて詳細に説明する。

【0018】本発明の要旨は、高温超伝導エピタキシャル薄膜を用いてマイクロ波核心素子を製造することにある。

【0019】超伝導体は、臨界温度以下で電気抵抗を有しなくなり、外部磁場も排除するため、100GHz以上の超高周波領域でも伝送エネルギーを分散させず、又、減衰による損失なしに、大容量の情報を歪みなしに伝送させることができる。

【0020】特に、本発明で使用した高温超伝導エピタキシャル薄膜は、既存の金属薄膜に比べてマイクロ波表面抵抗が非常に小さいため（約1/20程度）、平面形マイクロ波伝送性素子の性能向上と小型化を達成し得、最近、日に日に発展している素子製造工程とパッケージング技術の助けを受けて性能を向上させることができる。

【0021】図1は、本発明による二つの摂動構造の環状二重モード共振器を集積した高温超伝導二重モード5極帯域通過フィルターの平面図である。

【0022】図1に示すように、信号伝送用入力端1aと出力端1bは、約50Ωの抵抗を有する高温超伝導マイクロストリップ線で製作され、試験ジグのハウジングに付着されたK型コネクタピンのガラスビード(glass bead)と接触される。この際に、接触抵抗と損失を最大限減らすため、図1に示すように、高温超伝導マイクロストリップ導体上に金パッド2を電子線蒸発で厚さ2μm程度蒸着して、形成している。

【0023】そして、本発明は、基板5として、MgO単結晶(ε=9.6)基板を使用する。ここで、MgO単結晶基板5を用いているのは、MgO単結晶基板が、SrTiO₃やLaAlO₃等の他の種類の薄膜蒸着用基板に比べて、マイクロ波の特性が優秀であるためである。また、入出力端1a、1bの線幅は、0.49mmにしている。

【0024】一方、本発明の核心である、二重モード5極帯域通過フィルターを構成する主要部分は、摂動構造7を有する環状二重モード共振器を構成する導体3a、3bとマイクロストリップ結合線4である。摂動構造7の二重モード共振器については、後で詳しく説明する。摂動構造7を有する二重モード共振器は、2極帯域通過フィルターを形成する。また、マイクロストリップ結合線4の数が一つであるので、本発明の総極数は5極となる。二重モード帯域通過フィルターの中心周波数(cen-

ter frequency) $f_0=10\text{GHz}$ 、帯域幅(bandwidth)は500MHzとなるように設計する。前記結合線4は、素子パターンの大きさを減らし、良好な結合のために図1の形態に限らず多様な形態に具現することができる。

【0025】本発明で使用したMgO基板5は、マイクロ波特性にも優れ、また、前記基板上に製造した高温超伝導YBa₂Cu₃O_{7-d}(本明細書中では、YBCOという)エピタキシャル薄膜の電気的特性や表面特性も非常に良好となる。この高温超伝導YBa₂Cu₃O_{7-d}エピタキシャル薄膜により、入出力端1a、1b、導体3a、3b、結合線4が形成される。

【0026】試験ジグの内部底面との優秀な電氣的整合及び接触のために、接地平面用Ti層/Ag層二重薄膜6が、電子線蒸発器により均一に蒸着されて形成される。このTi層/Ag層二重薄膜6は、前記MgO単結晶基板5との接着も良好である。また、このTi層/Ag層二重薄膜6は、一般にマイクロ波通信部品に使用される金(Au)薄膜に比べて、マイクロ波特性が良好であり、蒸着費用も低廉であるので、接地平面としては非常に望ましい。

【0027】以下、前記のような構成のXバンド用摂動構造の環状高温超伝導二重モード5極帯域通過フィルターの製造工程を図2～図7を参照して説明する。

【0028】図2～図7の工程断面図は、摂動構造の環状二重モード5極帯域通過フィルターを完成するため、MgO基板を表面処理した後、YBCOエピタキシャル薄膜を形成する段階から基板背面に接地平面を形成する段階までを示すものである。

【0029】図2は、基板の前処理後、パルスレーザー蒸着法による高温超伝導YBa₂Cu₃O_{7-d}の薄膜蒸着及びパッド用金(Au)薄膜を形成する工程を示す。この工程では、まず、MgO基板10(図1の基板5)の表面をより平坦にするための前処理工程として、主にECRイオンミリングで食刻するか、食刻液(etchant)を用いて短時間に表面食刻を行う。次いで、パルスレーザー蒸着法により高温超伝導YBCO薄膜11を成長させ、パッド用金薄膜12を蒸着した後、前記金薄膜12を通常の写真リソグラフィ方法でパターンニングする。これにより、図1の金パッド2が形成される。

【0030】図3は、高温超伝導YBa₂Cu₃O_{7-d}の薄膜11のフォトリソグラフィ工程を遂行するためのフォトレジスト膜を塗布する工程を示す。この工程では、高温超伝導マイクロ波素子を製造するための第1段階であるフォトリソグラフィ工程を遂行する。即ち、先ず、高速回転塗布器(spinner)でフォトレジスト(AZ-5214E)13を高温超伝導薄膜11上に塗布し、ソフトベキнг(soft-baking)を行う。

【0031】図4は、露光後、感光されたフォトレジスト膜の除去工程を示す。この工程では、図4に示すように、接触整列器によって位置決めを行うと共に、紫外線源（UV-ソース（10W））で露光工程を行い、現像液を使用して、感光されたフォトレジスト膜を除去する。

【0032】図5は、食刻工程（EDTA（エチレンジアミン四酢酸）湿式食刻）による高温超伝導薄膜の形状化（patterning）工程を示す。図5に示すように、食刻工程（EDTA湿式食刻又はECRイオンミリングによる乾式食刻）により、高温超伝導薄膜11をパターンニング、すなわち、目的の形状（図1の入出力端1a、1b、導体3a、3b、結合線4の形状）に形成する。

【0033】図6は、アセトンによる、感光されなかったフォトレジスト膜13の除去、金パッド12露出及び不純物洗浄工程を示す。図6に示すように、アセトンにより、感光されなかったフォトレジスト膜を除去し、コネクタピンとの優秀な接触のため、金パッド12を露出させた後、不要な不純物等を洗浄する。

【0034】図7は、基板背面の接地平面の蒸着工程を示す。図2から図6までの工程により、高温超伝導二重モード多極帯域通過フィルターが完成されると、図7に示すように、基板10の背面に接地平面を製造するため、電子線蒸発器でTi層／Ag層の二重薄膜14を蒸着させる。ここでは、基板10の背面に、まず、第1層として、Ti層を、例えば、20～300nm成膜し、ついで、その上に、第2層として、Ag層を、例えば、1～2μm成膜する。

【0035】ここで高温超伝導薄膜11のフォトリソグラフィ工程過程をさらに具体的に説明すると次のようである。

【0036】実験室用高速回転塗布器（spin coater）のヘッド（チャック）上に成長したYBCO／MgO薄膜11、10を置き、先ずHMDS（Hexamethyldisilazan）を塗布して（5000rpm、30秒間）、異物質を除去し表面平坦化を行う。

【0037】次いで、フォトレジスト（PR：AZ-5214E）を塗布して（5000rpm、30秒間）、均一なフォトレジスト膜13を高温超伝導YBCO薄膜11上に被せる。

【0038】そして、ソフトベーキング（80℃、5分間）工程によりフォトレジスト膜を適宜硬化させた後、フォトレジスト膜を被せた試料を実験室用小型接触整列器上に置き、試料と電子線マスクとを整列させた後、10W用UV光源で5分間露光させる。

【0039】露光させた試料を現像液で3分間処理して、感光されたフォトレジスト膜を除去した後、蒸留水で素子表面を洗浄する。

【0040】次いで、YBCO薄膜11を食刻して回路

パターンをパターンニングするためには、湿式食刻である場合、EDTA（エチレンジアミン四酢酸）類で食刻し（化学食刻）、乾式食刻である場合、ECRイオンミリングで食刻を行う（物理食刻）。

【0041】食刻が完了すると、フィルターパターンの鋭利度を高め、不要な（感光されなかった）フォトレジスト膜又はその他の異物質を除去するため、蒸留水（DI-water）とアセトンで洗浄した後、乾燥（hard baking）させて、摂動構造の高温超伝導二重モード5極帯域通過フィルターの製造工程を終了する。

【0042】一方、具現された高温超伝導二重モード帯域通過フィルターの反対側、つまり基板の背面には蒸発器を使用して真空チャンバー（ 10^{-2} Torr、500℃）でTi層／Ag層二重金属薄膜14を連続的に蒸着する。

【0043】前記Ti層／Ag層二重金属薄膜14は、MgO基板10との接着が優秀であり、薄膜蒸着も容易である。特に、銀（Ag）は、高温超伝導YBCOエピソード薄膜の特性を向上させるだけでなく、YBCO薄膜11への他の物質の汚染を防ぐことができる利点を有する。そして、銀薄膜は、マイクロ波特性だけでなく電気伝導性にも非常に優れるため、フィルターのマイクロ波特性の測定時、試験ジグの内部底面と優秀な接触整合にも寄与する。ここで、Ti層／Ag層二重金属薄膜14のTi層は、YBCOのTc（89K）以下の低温で使用される際に、Ag層が基板10からはがれるのを防止する。これにより、Ag層が基板からはがれ、接地効果が得られなくなることによるマイクロ波特性を防止することができる。なお、Ag層の代わりに、Au層、Cu層、Ag層を用いることができるが、発明者らの実験によれば、Ag層の方が密着性に優れている。

【0044】以上の工程を経ると、中心周波数が10GHz、帯域幅500MHzである摂動構造の環状高温超伝導二重モード5極帯域通過フィルターが完成される。

【0045】すなわち、図1の二重モード5極帯域通過フィルターの入力端1aに金パッド2を介して、信号が入力されると、入力信号のうち中心周波数が10GHz、帯域幅500MHzの信号が出力端1bから出力される。

【0046】前記完成された二重モード帯域通過フィルターの低温マイクロ波特性は、高周波特性に優れたK型コネクタ（2.9mmΦ、～40GHz、Wiltron社（米国）製品）をハウジングに付着させた3成分試験ジグに内装して測定することができる。

【0047】本発明は、移動通信、衛星通信及び衛星放送に使用される核心部品（マルチプレクサ、ミキサー等）を構成する核心素子である帯域通過フィルター及びその製造方法に関するものである。本発明による帯域通過フィルターは、通過帯域（pass band）では

信号を殆ど損失なしに通過させ、通過帯域両側の阻止帯域 (stop band) では信号伝送を阻止することができるフィルターである。

【0048】本発明は、摂動構造の環状二重モード共振器二つを集積させる方法を採用したものであるが、ここで、摂動構造の二重モード共振器について説明する。本発明における摂動 (perturbation) 構造とは、完全なリング形状や円盤形状のような正常状態に、切り欠き (図1の摂動構造7) のような、わずかな非正常状態を刺激として加えた構造の相対的な概念をいう。すなわち、図1のように、二重モード共振器を二つ結合させ5極の帯域通過フィルタを構成する場合、一般的なリング型共振器の導体3a, 3bに直角形状の溝型の切り欠きを加えることにより、特異で優秀な共振特性が得られたため、本発明ではこれを摂動構造と呼ぶ。

【0049】一般的に、単一モードの円盤型やリング型の共振器は、所望の特定の周波数の一つの共振ピークのみを有する。しかし、この円盤形やリング型の共振器にわずかな摂動構造7を加え、入出力端方向が直交するよう形状を変えることにより、図16のように単一モードではない、二重モード (dual mode) のピークが生じる。すなわち、特定周波数の上下に鋭利な共振ピークが生じる。例えば、特定周波数 f_0 が5GHzの場合、上側の共振ピークは、5.1GHz、下側の共振ピークは4.9GHzというように、鋭利な共振ピークが生じるのである。図16では、1番目のピークに、 S_{11} と S_{21} の二つの共振ピークが生じている。

【0050】このような二重モード共振現象を有する共振器を二つ結合させた開発したものが、本発明の摂動構造の二重モード5極帯域通過フィルターである。

【0051】摂動構造7は、図1、図8、図9、図10、図11、図12、図15、図17のように、円盤型やリング型の共振器を溝形に切り欠いた形状にすることもできるし、図13、図15のように、円盤形やリング型の共振器から突出させた形状にすることもできる。この摂動構造7の位置により、二重モードが得られるか得られないかが決まる。摂動構造7の位置は、入出力端の方向からの角度が45度もしくは、135度にすることが非常に重要であり、合わせて、2つの共振器について対称な位置に配置して初めてフィルタ特性をよく発揮させることができる。

【0052】特に、本発明のように、高温超伝導薄膜を用いたマイクロストリップ形共振器やフィルタにすることにより、マイクロ波素子の大きさを縮小することができる、合わせて、性能を向上させることができる。

【0053】よって、本発明の高温超伝導二重モード5極帯域通過フィルターは、共振器の形状としては、環状に限定されるものではなく、例えば、円盤型でもよい。また、摂動構造7も切り欠きのほか突出型でもよい。図8～図15および図17に示すように、多様な形

態が考えられ、また、マイクロストリップ結合線4も図1の形態のほか、図8や図10、図17に示すように多様な形態を取ることができる。

【0054】一方、前記二重モード帯域通過フィルターを設計する場合にも、マイクロ波回路解釈理論を適用し、実際の場合、使用基板10 (主に、MgO) の誘導常数 ($\epsilon = 9.6$) 及び厚さ (0.5mm t)、基板上に成長させる高温超伝導YBCOエピタキシャル薄膜11の厚さ (450nm) 及びマイクロ波物性、帯域通過フィルターの周波数/電力特性に鑑み、入出力端 (伝送線路) 1a, 1b及びマイクロストリップ結合線4の線幅、長さ、そして摂動構造の環状導体とマイクロストリップ結合線間のギャップ等を決めることとなる。

【0055】そして、通過帯域の平坦度又は阻止帯域までのスカート特性を所望程度まで得るため、摂動構造の環状二重モード共振器の数、直径、摂動構造の大きさ等を考慮しなければならない。

【0056】次いで、数回にわたってシミュレーション (電算模擬) により、高温超伝導環状二重モード5極帯域通過フィルターの最適回路パターンを得た。このようなパターンの理論的なマイクロ波伝送 (周波数) 応答特性もさらに考慮する。

【0057】その結果、最適に設計された二重モード帯域通過パターンを移しておいたマスク (glass mask、回路基板) を製作することができる。

【0058】そして、優秀なマイクロ用高温超伝導マイクロストリップ伝送素子を製作するためには、良質のエピタキシャル薄膜が要求されるので、本発明では、薄膜の製造が簡便であり、優秀性が立証されたパルスレーザー蒸着装置、例えば、波長が308nmであるXeClエキシマーレーザーを用いて高温超伝導YBCO/MgOエピタキシャル薄膜を蒸着している。

【0059】そして、良質の高温超伝導YBCOエピタキシャル薄膜の製造が可能であるように、表面がよく錬磨されたMgO基板 (15mm×15mm×0.5mm t) を使用する。

【0060】本発明で製造される高温超伝導YBCO/MgO薄膜の臨界温度 (T_c) は89Kであり、エピタキシャル薄膜であることを色々の分析装置 (XRD、TEM、AFM等) を使用して確認した。

【0061】成長した良質のYBCO/MgO薄膜と最適設計されたフィルターパターンを転写させたマスク (回路基板) を用意した後、フォトリソグラフィ工程と食刻工程 (EDTA湿式食刻又はECRIオンミリング) により、マイクロ波用摂動構造 (環状又は円盤形) の高温超伝導二重モード5極帯域通過フィルターを具現した。

【0062】本発明の製造方法により具現したマイクロ波用高温超伝導摂動構造の二重モード5極帯域通過フィルターは、良質の高温超伝導薄膜を用いたマイクロスト

リップ方式のマイクロ波素子であるので、製造が容易であり、高温超伝導体の無損失、無抵抗特性を用いるため、優秀な性能及び信頼度（再現性）を有する。

【0063】さらに、以前に開発した並行結合線方式の高温超伝導多極（従来の4極及び6極）帯域通過フィルターと、本実施の形態の摂動構造の二重モード5極帯域通過フィルターとを、同等の中心周波数、帯域幅、局数、特性インピーダンスをもつ構成で比較した場合、本実施の形態の回路パターンの大きさが小さくなり、回路解釈の結果ともよく一致した。よって、本実施の形態の摂動構造の二重モード5極帯域通過フィルターは、従来のものと比較してサイズを減少させることができる。

【0064】特に、帯域（通過帯域）両側の勾配（スカート特性）が向上され、通過帯域の挿入損失は、類似した程度（1.0dB以下）で小さく、脈流（ripple）の振幅も非常に小さく平坦な特性を有する。

【0065】また、本実施の形態の摂動構造の二重モード5極帯域通過フィルターは、入出力端の線幅1a, 1bの線幅や、摂動構造の環状もしくは円盤状の二重モード共振器3a, 3bの線幅や径等のパラメータを変えることにより、入力端1aから入力された信号に対する出力端1bから出力される信号の強度比を調節することが可能である。すなわち、摂動構造の二重モード5極帯域通過フィルターの特性インピーダンスを調節することができる。よって、特性インピーダンスが任意の値になるように上述のパラメータを設計することにより、本実施の形態の二重モード5極帯域通過フィルターを用いて、出力端から出力するエネルギー強度を制御することも可能である。

【0066】以上説明したように、本発明を用いると、電波の高度利用技術に関連したマイクロ波通信システムのサブシステム（部品）の小型化を期待することができ、情報通信システム又はマイクロ波部品の性能を向上させる効果を得ることができる。

【0067】そして、高温超伝導エピ薄膜を使用するため、軽薄短小化と高性能を備えた通信部品を製作し得るので、次世代移動通信及び衛星通信（衛星放送、～12GHz以下）に使用可能な新機能、新構造のマイクロ波素子及び回路（HTS-MMICs）の創出にも大きい効果を得ることができ、急増する高品位電波サービスの需要に能動的に対処し得る優秀なマイクロ波通信システムの開発も期待することができる。

【0068】

【発明の効果】上述してきたように、本発明によれば、マイクロ波特性に優れた高温超伝導エピタキシャル薄膜を用いて、製造方法が単純であり、小型化及び高性能化が図れる摂動構造の高温超伝導二重モード5極帯域通過フィルター及びその製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による摂動構造の環状高温超伝導二重モ

ード5極帯域通過フィルターの平面図。

【図2】本発明の帯域フィルターの製造工程のうち、基板の先処理後、パルスレーザー蒸着法による高温超伝導 $YBa_2Cu_3O_{7-d}$ の薄膜蒸着及びパッド用金（Au）薄膜を形成する段階を示す工程断面図。

【図3】本発明の帯域フィルターの製造工程のうち、フォトリソグラフィ工程を遂行するためのフォトリソ膜を塗布する工程を示す工程断面図。

【図4】本発明の帯域フィルターの製造工程のうち、露光後、感光されたフォトリソ膜の除去工程を示す工程断面図。

【図5】本発明の帯域フィルターの製造工程のうち、食刻工程（EDTA-湿式食刻）による高温超伝導薄膜の形状化（patterning）工程を示す工程断面図。

【図6】本発明の帯域フィルターの製造工程のうち、アセトンによる、感光されなかったフォトリソ膜の除去、金パッド形成及び不純物洗浄工程を示す工程断面図。

【図7】本発明の帯域フィルターの製造工程のうち、基板背面の接地平面の蒸着工程を示す工程断面図。

【図8】本発明による帯域通過フィルターの他の例を示す平面図。

【図9】本発明による帯域通過フィルターの他の例を示す平面図。

【図10】本発明による帯域通過フィルターの他の例を示す平面図。

【図11】本発明による帯域通過フィルターの他の例を示す平面図。

【図12】本発明による帯域通過フィルターの他の例を示す平面図。

【図13】本発明による帯域通過フィルターの他の例を示す平面図。

【図14】本発明による帯域通過フィルターの他の例を示す平面図。

【図15】本発明による帯域通過フィルターの他の例を示す平面図。

【図16】円盤形の共振器に摂動構造7を加えることにより、共振ピークが二重モードになることを示すグラフ。

【図17】本発明による帯域通過フィルターの他の例を示す平面図。

【符号の説明】

1a 入力端

1b 出力端

2 金パッド

3a, 3b 導体

4 結合線

5 MgO基板

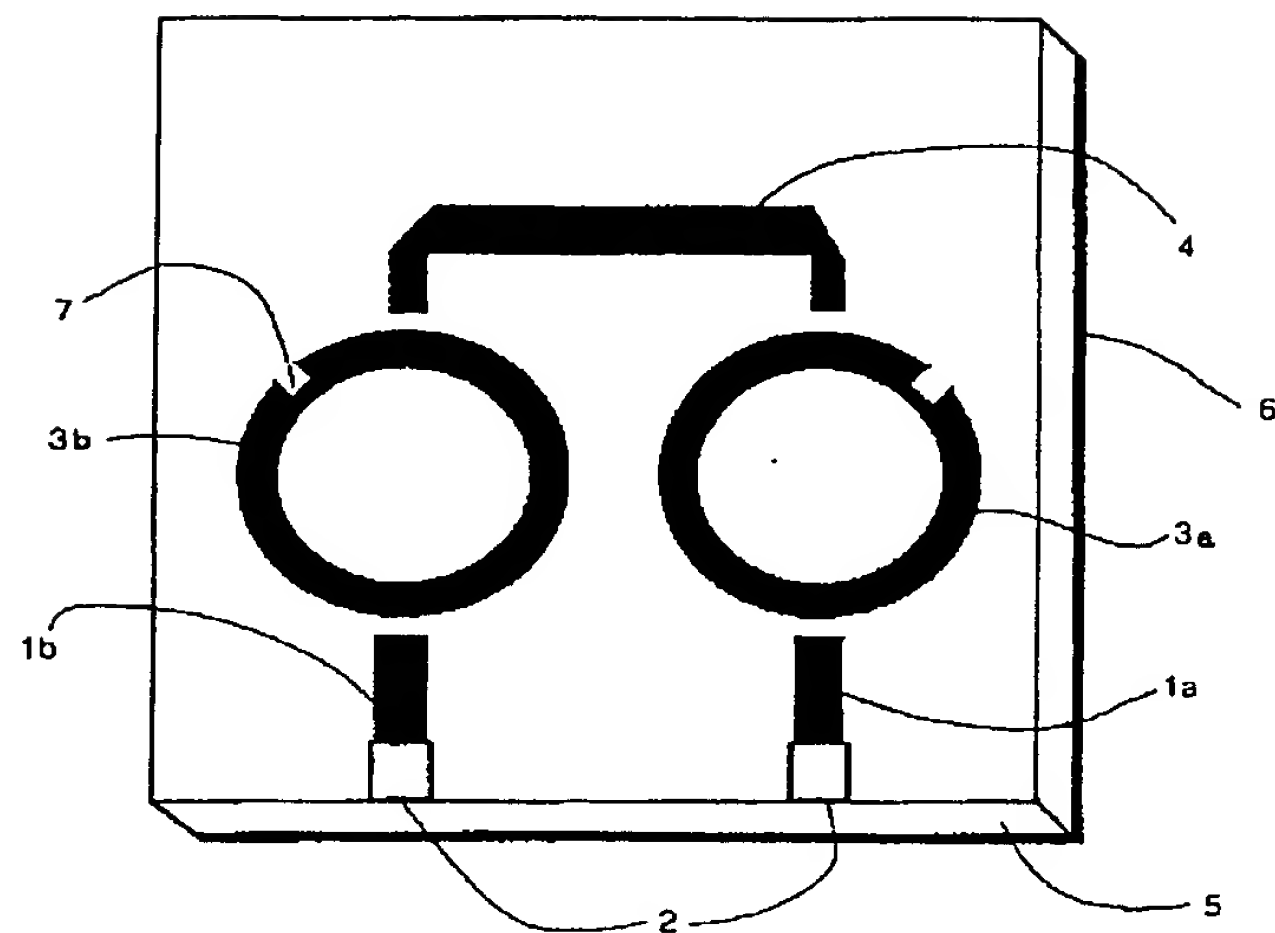
6 Ti層/Ag層二重薄膜

7 振動構造
10 MgO基板
11 YBCO薄膜

12 金薄膜
13 フォトレジスト膜
14 Ti層/Ag層二重薄膜

【図1】

図1



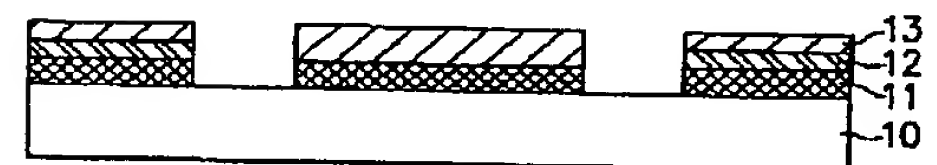
【図2】

図2



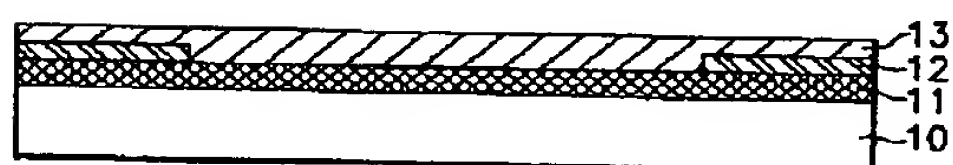
【図5】

図5



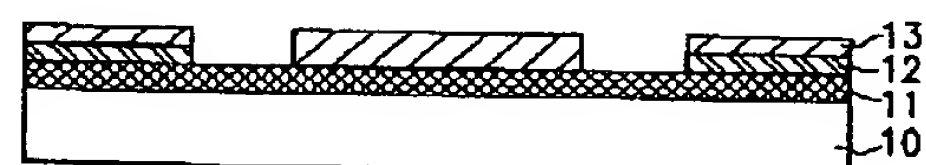
【図3】

図3



【図4】

図4



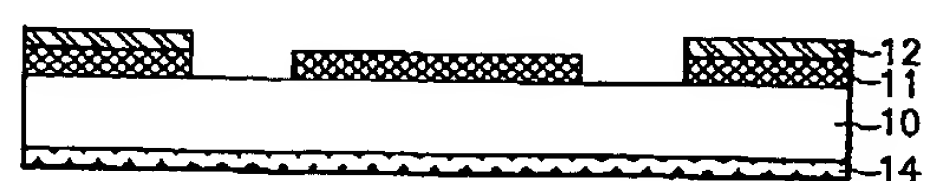
【図6】

図6



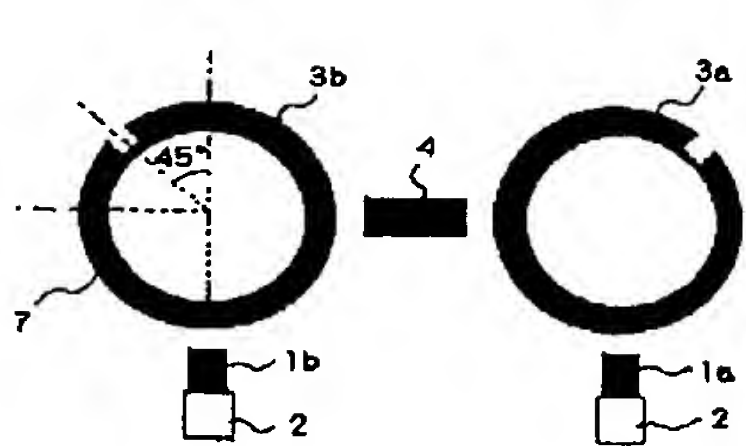
【図7】

図7



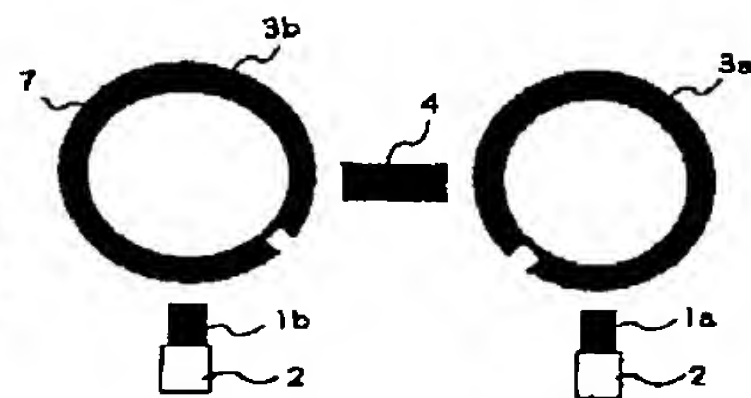
【図8】

図8



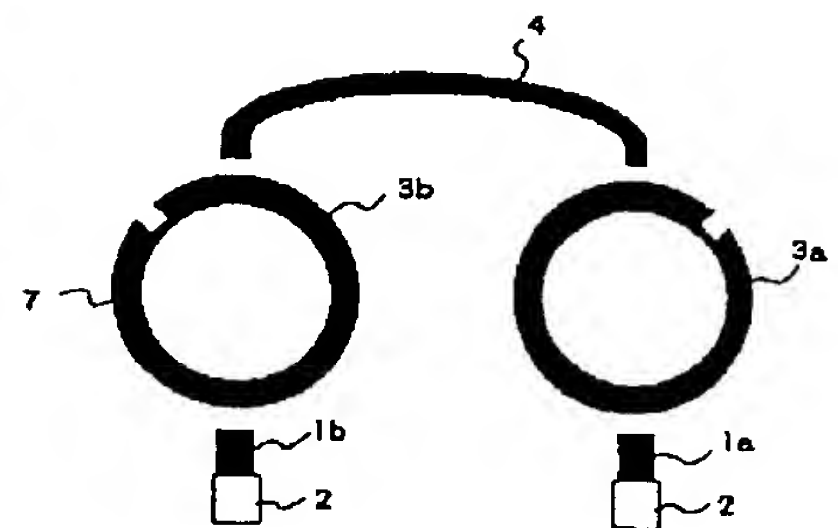
【図9】

図9



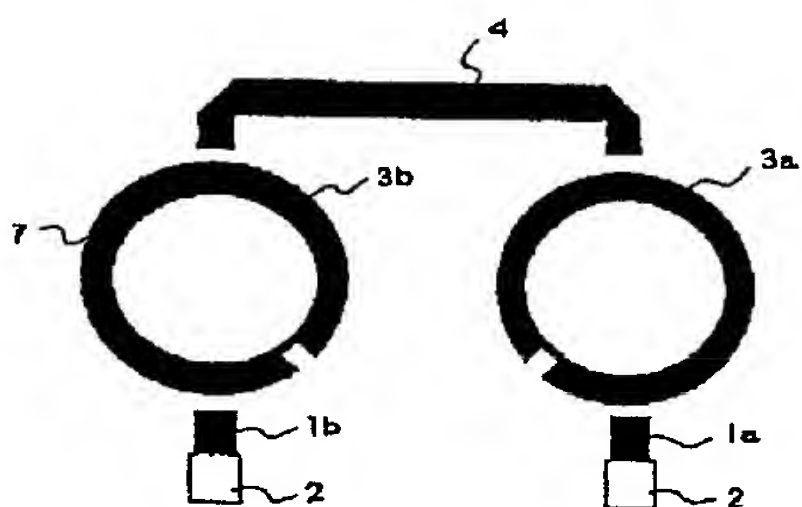
【図10】

図10



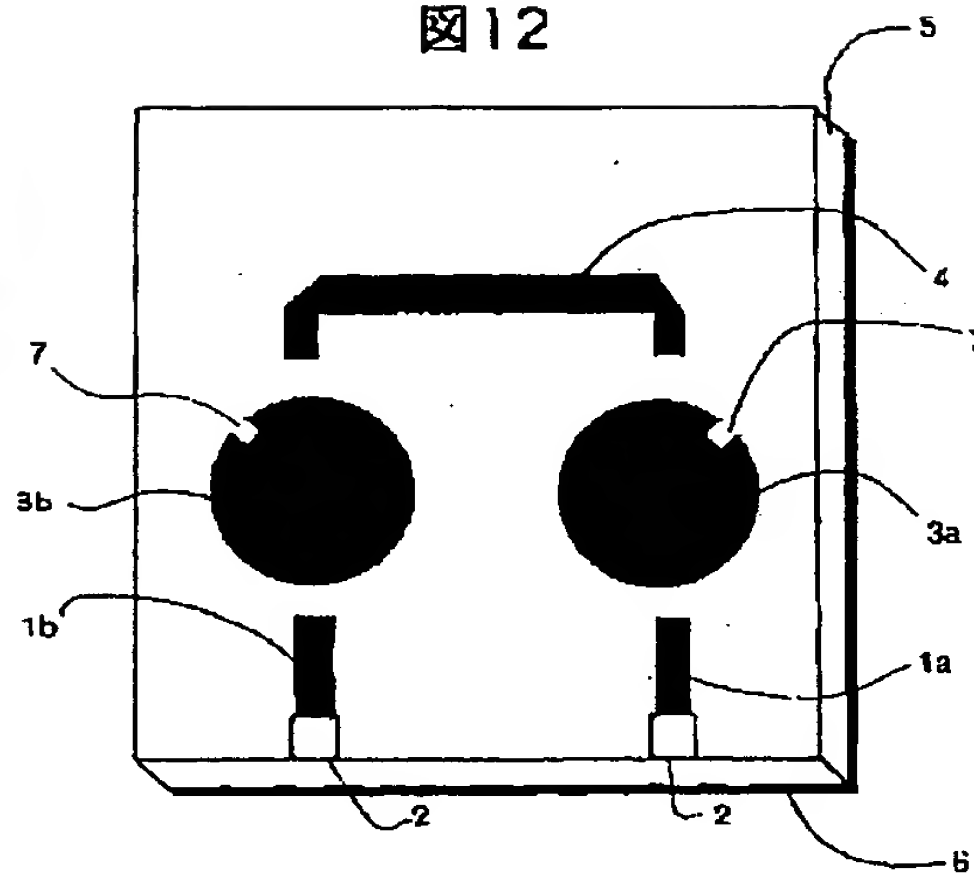
【図11】

図11



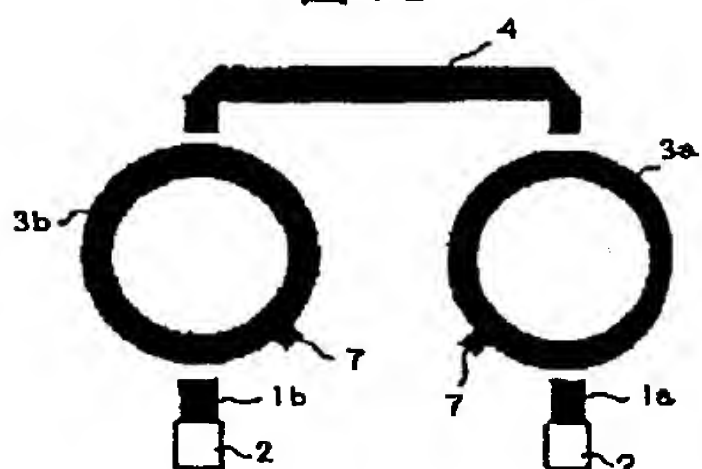
【図12】

図12



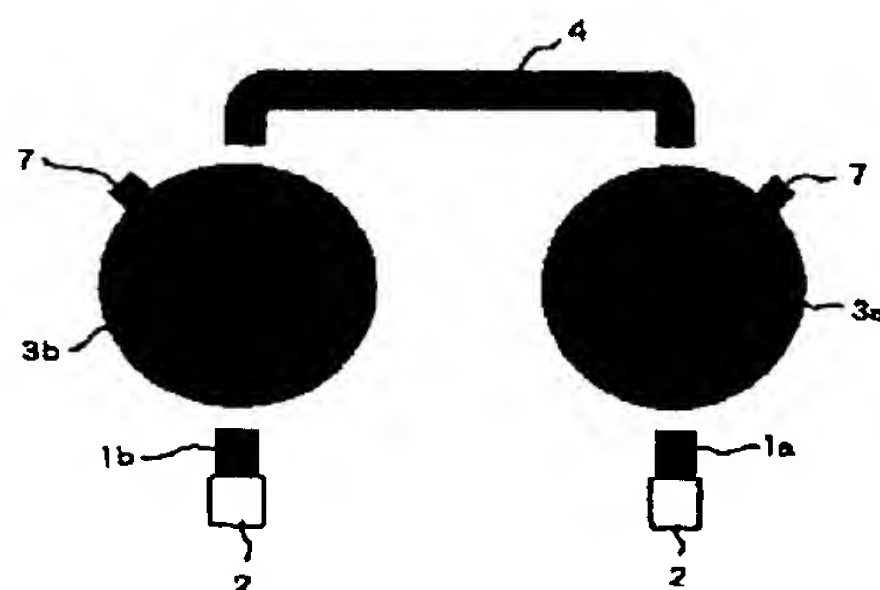
【図13】

図13



【図14】

図14

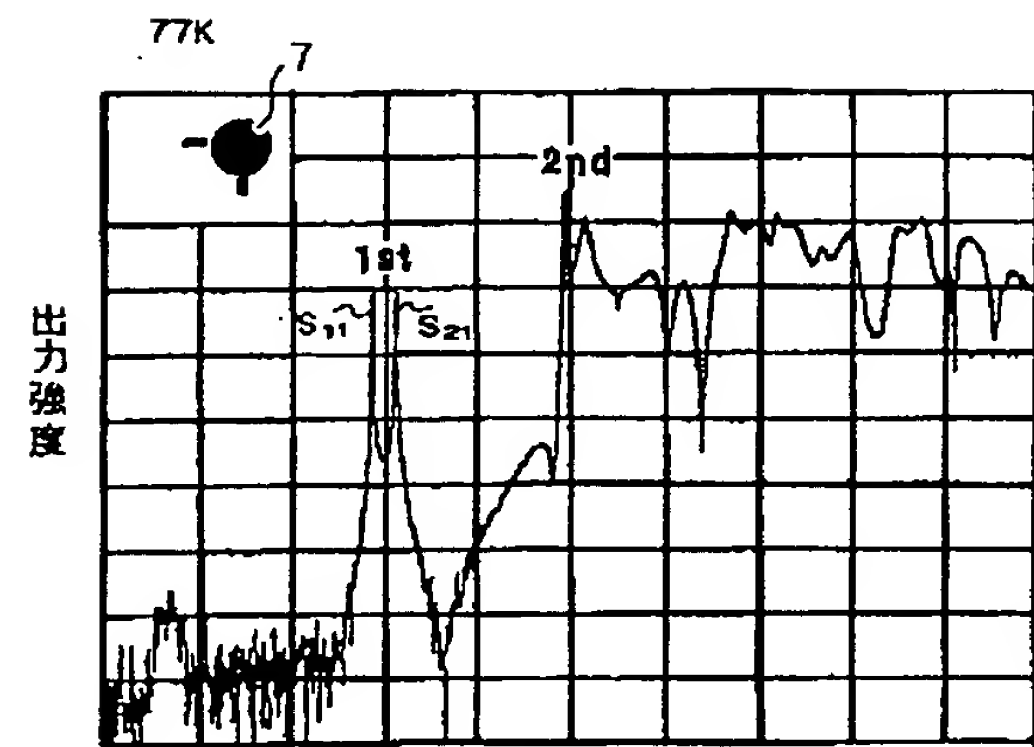
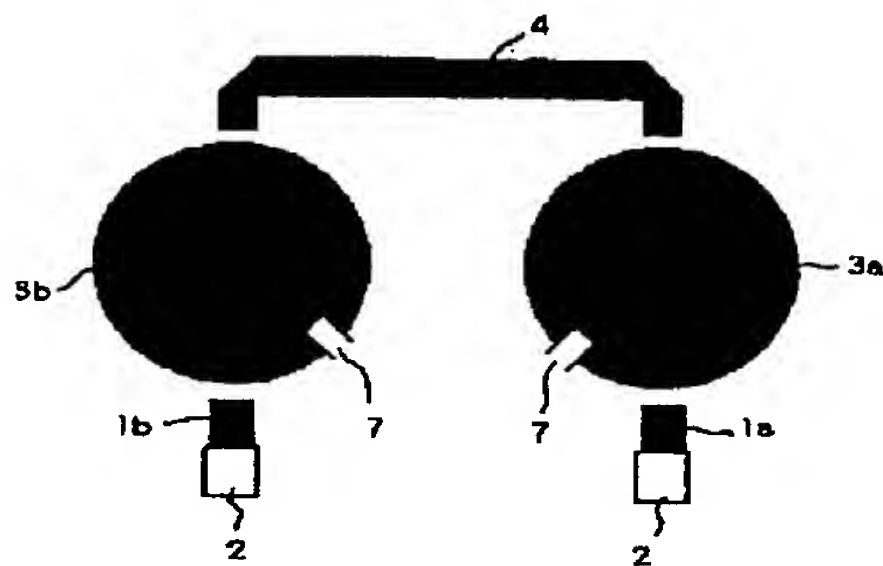


【図15】

【図16】

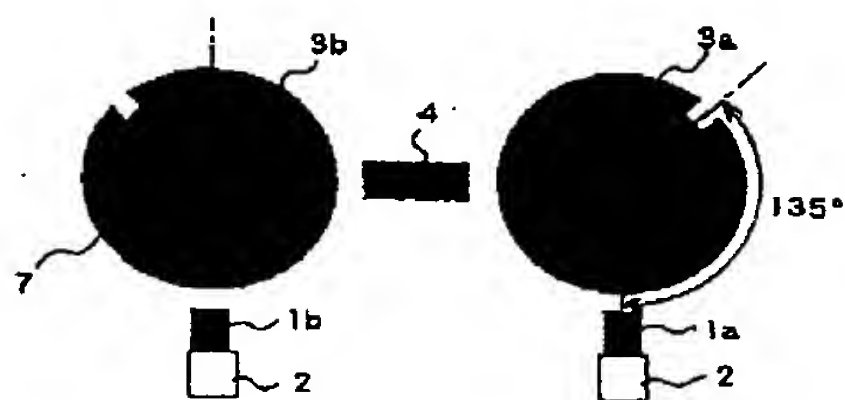
図15

図16



【図17】

図17



フロントページの続き

(51) Int. Cl. 6

H01P 11/00

識別記号

ZAA

庁内整理番号

FI

H01P 11/00

技術表示箇所

ZAAG

(72) 発明者 ジェハ キム

大韓民国、デジョン、ユソク、ジュン
ミンドン 464-1、エキスポ アパート
メント 101 603